Vol.10, No.3, Fall 2021, pp.19-37 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI:10.22067/geoeh.2021.69554.1038 Open access

Preparation and analysis of flood risk map using HEC RAS and RAS MAPPER hydraulic model (Case study: Sok Cham river of Kashan)

Daniyal Sayyad [a], Reza Ghazavi [b*], Ebrahim Omidvar [c]

[a] *PhD Student in Watershed Management Science and Engineering, Kashan University, Kashan, Iran*
[b] *Professor in Watershed Management Engineering, Kashan University, Kashan, Iran*
[c] *Assistant Professor in Watershed Management Engineering, Kashan University, Kashan, Iran*

Received: 28 March 2021 ***Revise: 15 May 2021*** ***Accepted: 8 June 2021***

Abstract

Floods are a common natural disaster that can endanger urban and rural infrastructure. The purpose of this study was to prepare and analyze the flood risk map of Khancheh and Baronagh villages along a part of Suk Cham river. First, the topographic map was created using Google Earth and Global mapper. Then, using a topographic map made in AutoCAD Civil 3D software, the surface was created for the study interval. In the next step, using the constructed surface of cross sections, longitudinal profiles, river channel, right, and left flood banks of Suk Cham river were constructed in AutoCAD Civil 3D software environment. To simulate floods at return periods of 25, 50, 100, and 200 years, the cross sections were transferred to HEC RAS software. The Phil-Steiner method was used to convert the maximum daily flow rate to the maximum instantaneous flow rate according to the P-value of the Kolmogorov-Smirnov test (0.9). The results of flood frequency analysis showed that Pearson type 3 log distribution is the most suitable distribution. Based on the results, the flooding level for the return periods of 25, 50, 100, 200 years was 0.77, 0.9, 1.15, 1.47 km^2, respectively. According to the flood risk map in the 100-year return period (high risk area), about 41.5% and 4.5% of the two villages of Khancheh and Baronagh had at moderate to very high risk of flood, respectively. Establishing coastal walls and organizing the river along the river route through these two villages is essential, which can mitigate the risks of floods. The use of prepared plans for flood control measures, flood forecasting and warning systems, flood insurance and in general for structural and non-structural flood control measures in the region is recommended.

Keywords: Flood risk map, Khancheh and Baronagh villages, Hydraulic model, AutoCAD Civil 3D, Suk Cham River Watershed

* . Corresponding author: Reza Ghazavi E-mail: ghazavi@kashanu.ac.ir Tel: + 989171887058

How to cite this Article: Sayyad, D., Ghazavi, R., Omidvar, E. (2021). Preparation and analysis of flood risk map using HEC RAS and RAS MAPPER hydraulic model (Case study: Sok Cham river of Kashan). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(3), 19-37.
doi: 10.22067/geoeh.2021.69554.1038

Geography and Environmental Hazards
Volume 10, Issue 3 - Number 39, Fall 2021
https://geoeh.um.ac.ir
https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69554.1038

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دهم، شمارهٔ سی و نهم، پاییز ۱٤۰۰ صص ۳۷- ۱۹

مقاله پژوهشی

تهیه و تحلیل نقشه خطر سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC RAS و RAS MAPPER (مطالعه موردی: رودخانه سوک چم کاشان)

دانیال صیاد – دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری-آب، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
رضا قضاوی[1] – استاد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
ابراهیم امیدوار– استادیار مهندسی آبخیزداری، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۱/۸ تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۲/۲۵ تاریخ تصویب: ۱٤۰۰/۳/۱۵

چکیده

سیل یکی از بلاهای طبیعی رایج است که می‌تواند زیرساخت‌های شهری و روستایی و جان و اموال را با خطر مواجه کند. هدف از انجام این پژوهش تهیه و تحلیل نقشه خطر سیل دو روستای خنچه و بارونق در امتداد بخشی از رودخانه سوک چم است. ابتدا نقشه توپوگرافی با استفاده از Google Earth و Global mapper ساخته شد. سپس با استفاده از نقشه توپوگرافی ساخته شده در محیط نرم‌افزار AutoCAD Civil 3D برای بازه مطالعاتی سطح ایجاد گردید. سپس با استفاده از سطح ساخته شده مقاطع عرضی، پروفیل طولی، کانال رودخانه، سواحل سیل‌گیر راست و چپ رودخانه سوک چم در محیط نرم‌افزار AutoCAD Civil 3D ساخته شد. برای شبیه‌سازی سیلاب در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ ساله، مقاطع عرضی ساخته شده به نرم‌افزار HEC RAS انتقال داده شد. برای تبدیل دبی حداکثر روزانه به دبی حداکثر لحظه‌ای با توجه به مقدار P-value آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (۰/۹) از روش فیل – استینر استفاده شد. نتایج حاصل از تحلیل فراوانی سیلاب نشان داد توزیع لوگ پیرسون

۱ نویسنده مسئول ۰۹۱۷۱۸۸۷۰۵۸ Email: ghazavi@kashanu.ac.ir

نحوه ارجاع به این مقاله :

صیاد, دانیال, قضاوی, رضا, امیدوار, ابراهیم. (۱٤۰۰). تهیه و تحلیل نقشه خطر سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC RAS و RAS MAPPER (مطالعه موردی: رودخانه سوک چم کاشان). جغرافیا و مخاطرات محیطی, ۱۰(۳), صص ۳۷-۱۹

https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69554.1038

نوع ۳ مناسب‌ترین توزیع است. بر اساس نتایج حاصل، سطح سیل‌گیری برای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ ساله به ترتیب ۰/۷۷، ۰/۹، ۱/۱۵، ۱/٤۷ کیلومترمربع به دست آمد. با توجه به نقشه خطر سیل در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله (پهنه پرخطر) به ترتیب حدود ٤۱/۵ و ٤/۵ درصد از دو روستای خنچه و بارونق در معرض خطر سیلاب متوسط تا خیلی زیاد قرار دارند. ایجاد دیواره‌های ساحلی و ساماندهی رودخانه در طول مسیر عبور رودخانه از این دو روستا امری ضروری است که می‌تواند خطرات ناشی از سیل را تعدیل نماید. استفاده از نقشه‌های تهیه شده برای انجام اقدامات کنترل سیل، سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیل، بیمه سیل و به‌طورکلی جهت اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای مهار سیل در منطقه پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: نقشه خطر سیل، روستاهای خنچه و بارونق، مدل هیدرولیکی، AutoCAD Civil 3D، حوضه آبخیز رودخانه سوک چم.

۱- مقدمه

سیل به جریان‌های فراتر از ظرفیت رودخانه‌های طبیعی و یا کانال‌های مصنوعی گفته می‌شود که به اراضی اطراف گسترش پیدا کرده و می‌تواند ایجاد خسارت کند (آینالم[1]، ۲۰۲۰). سیل یکی از بلاهای طبیعی رایج است که می‌تواند تأثیر زیادی روی زیرساخت‌های شهری و روستایی و ساختمان‌ها و جان و اموال مردم داشته باشد و به‌طور غیرمستقیم روی اقتصاد کشور اثر بگذارد (ایبراهیم[2] و همکاران، ۲۰۱٤؛ کیم[3] و همکاران ۲۰۲۰). در سال‌های اخیر سیلاب ٤۷ درصد از بلایای طبیعی را به خود اختصاص داده است که به یک فاجعه طبیعی در سطح جهان تبدیل‌شده است و بر اساس گزارش‌های دفتر سازمان ملل سیلاب‌ها باعث ۱۱/۱ درصد از تلفات انسانی در سطح جهان شده است (مهرورز و همکاران، ۱۳۹۹).

با توجه به پراکنش نامنظم بارندگی در اغلب نقاط کشور، هرساله در نقاط مختلف کشور سیلاب‌های شدید و ناگهانی ایجاد می‌شود که باعث ایجاد خسارات جانی و مالی فراوانی می‌گردد. برآورد دبی‌های حداکثر سیلابی و پهنه‌بندی خطر سیل برای رودخانه‌ها، یکی از روش‌هایی است که می‌تواند به مدیریت سیلاب و کاهش ریسک مناطق سیل‌گیر کمک کند. مدل‌سازی سیل یکی از روش‌های ارزیابی خطرات سیل برای نمایش بزرگی سیل در دوره بازگشت‌های مختلف است (آزواق[4] و همکاران، ۲۰۱۸).

1 Aynalem
2 Ibrahim
3 KIM
4 Azouagh

لازمه تحلیل سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف، اندازه‌گیری و یا برآورد میزان دبی‌های اوج لحظه‌ای است. ازآنجایی‌که در اکثر رودخانه‌های ایران خصوصاً در حوضه‌های خشک و نیمه‌خشک برآورد دبی‌های حداکثر لحظه‌ای ممکن نیست و با توجه به نقش این دبی‌ها در پهنه‌بندی سیل در دوره بازگشت‌های مختلف، آمار دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با استفاده از روش‌های غیرمستقیم (فرمول‌های تجربی) از میانگین روزانه دبی در این حوضه‌ها محاسبه می‌شود (شعبانلو و همکاران،۱۳۹۱). استفاده از مدل‌های هیدرولیکی بستگی به هدف مدل‌سازی می‌تواند یک‌بعدی یا دوبعدی باشد ولی استفاده از مدل‌های هیدرولیکی یک‌بعدی معمولاً رایج‌تر است. در مدل‌سازی یک‌بعدی مقاطع عرضی در طول شبکه جریان ترسیم می‌گردد و شبیه‌سازی جریان در طول مسیر رودخانه انجام می‌شود (وجتک[1] و همکاران، ۲۰۱۹).

مدل HEC RAS[2] یکی از پرکاربردترین مدل‌های تجزیه‌وتحلیل جریان در رودخانه‌ها و کانال‌ها و ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی سیل در دوره بازگشت‌های مختلف است (ختاک[3] و همکاران، ۲۰۱٦). تا به امروز پژوهش‌های متعددی در ایران و جهان درزمینه پهنه‌بندی و خطر سیل صورت گرفته است.

ازجمله این پژوهش‌ها می‌توان به پژوهش‌های زراعتکار و حسن‌پور (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان شبیه‌سازی سیلاب شهری بیرجند با استفاده از مدل HEC RAS و GIS به این نتیجه دست یافته‌اند که میزان دبی اوج سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲۵ و ۱۰۰ سال به ترتیب ۲۰۷/٦۳، ٤٦۳/٥٦ مترمکعب بر ثانیه به‌دست‌آمده است.

حجازی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی با عنوان پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوزه آبریز ورکش چای با استفاده از مدل HEC RAS و HEC-GeoRAS به این نتایج دست‌یافته‌اند که سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله به ترتیب ٦۳ و ۱۰۰ کیلومتر از مساحت کل حوزه آبریز را تحت پوشش قرار می‌دهند.

قنواتی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی با عنوان شبیه‌سازی پهنه‌های سیل گیر در حوضه آبخیز کن در شهر تهران به این نتایج دست یافته‌اند که در بالادست پهنه‌های سیل‌گیر گسترش عرضی کم‌تر و دبی زیادتری (ارتفاع سطح آب) دارند اما در بخش‌های کم شیب دبی کم‌تر (ارتفاع سطح آب) ولی پهنه‌های سیل‌گیر گسترش عرضی بیشتری دارند.

مهرورز و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان شبیه‌سازی سیلاب‌های رودخانه دره ائورت با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC RAS در محیط GIS رودخانه ارس به این نتیجه دست یافته‌اند که حداکثر عرض پهنای سیل گیر برای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال حدود ۸۹٦ متر است و حدود ۱۷٤۳ هکتار از اراضی دشت سیلابی زیرآب

---

1 Vojtek
2 Hydrologic Engineering Center's River Analysis System
3 Khattak

فرو می‌رود. اشاره کرد. دورجی[1] و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی باهدف مدل‌سازی سیل رودخانه آموچو با استفاده از HEC RAS و GIS به این نتایج دست یافته‌اند که شهر فونتشو لینگ در برابر سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲۵، ۱۰۰ ساله آسیب‌پذیرند.

اونگدز[2] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی باهدف تولید نقشه‌های خطر سیل در قزاقستان بیان کردند که روستای ولگو در رویداد سیل ۱۰۰ ساله سیل‌زده شد. آینالم[3] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی در رودخانه موگا مساحت‌های سیل گیر برای دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ به ترتیب ۱۸، ۲۱، ۲٦، ۳٤، ٤۳ کیلومترمربع گزارش کردند.

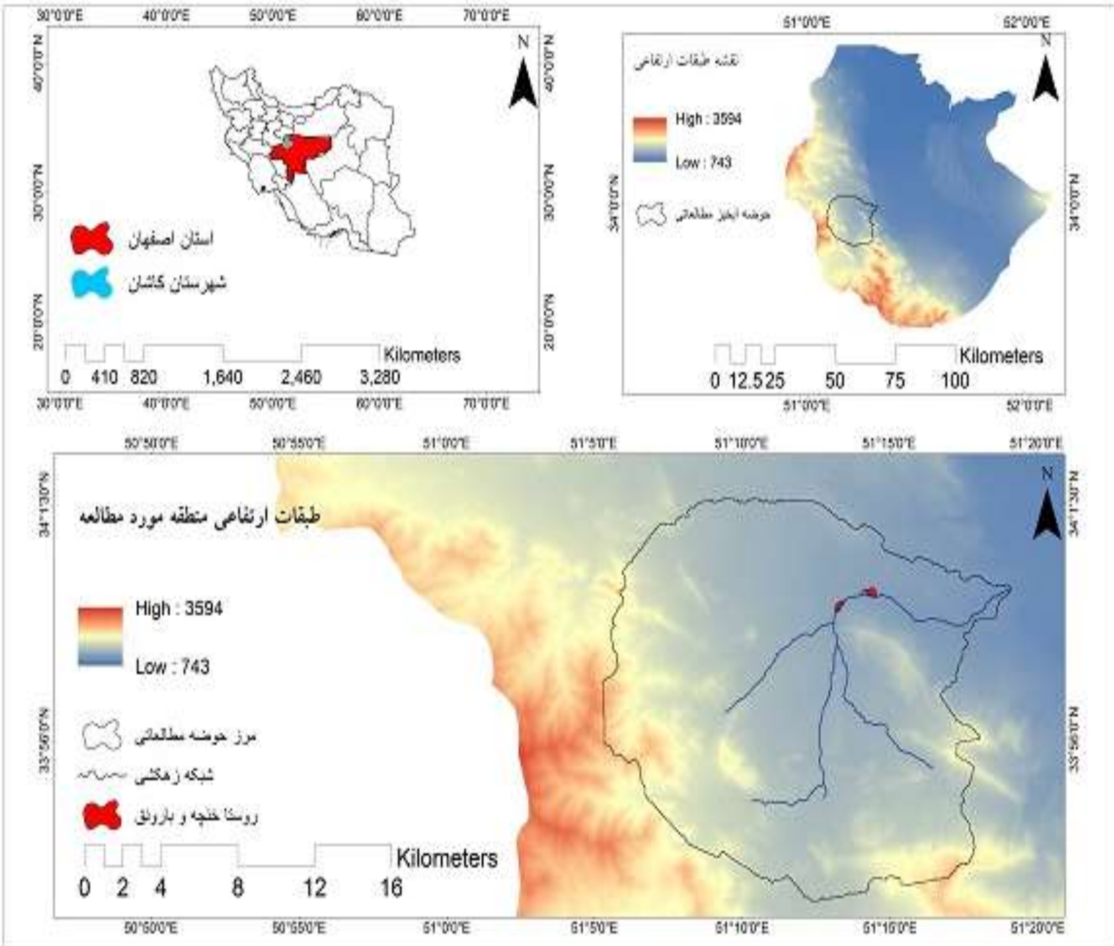
تهیه و تحلیل پهنه‌های خطر سیل با توجه به نقش آن در مدیریت سیلاب‌ها امری ضروری در جهت مدیریت سیلاب دشت‌ها است. همچنین نقشه‌های خطر سیل برای اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای و کنترل سیل ضرورت دارد. هدف از انجام این پژوش تعیین پهنه‌های سیل گیر، تولید نقشه خطر سیل و تحلیل خطر عناصر در معرض خطر سیل دو روستای خنچه و بارونق با استفاده از نرم‌افزارهای HEC RAS، Auto CAD Civil 3D[4]، Global Mapper و RAS Mapper است.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه موردمطالعه

حوضه آبخیز رودخانه سوک چم با مساحت حدود ۲٦٥/۸۳ کیلومترمربع یکی از حوضه‌های مشرف به شهر کاشان است که در استان اصفهان و مرکزی ایران واقع شده است. این منطقه بین طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۹ دقیقه و ۵ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۸ دقیقه و ۳۷ ثانیه شمالی واقع شده است. رودخانه سوک چم مهم‌ترین رودخانه این حوضه بوده و مسر حرکت آن از بالادست به پایین‌دست شهر کاشان و سرانجام به دریاچه نمک در کویر مرکزی ایران ختم می‌شود. روستاهای خنچه و بارونق در مجاورت بخشی از این رودخانه واقع شده است. همچنین طول بازه مطالعاتی در این پژوهش از بالادست به پایین‌دست حدود ۱۱ کیلومتر است. در شکل ۱ موقعیت منطقه و بازه مطالعاتی آمده است.

1 Dorji
2 Ongdas
3 Aynalem
4 civil engineering design software



شکل ۱- موقعیت منطقه و بازه مطالعاتی

۲-۲- روش تحقیق

۲-۲-۱- دبی‌های حداکثر لحظه‌ای

ایستگاه هیدرومتری بازه موردمطالعه فقط دبی‌های حداکثر روزانه را قرائت می‌کند ولی برای شبیه‌سازی سیل با دوره بازگشت‌های مختلف در مدل HEC RAS به دبی‌های حداکثر لحظه‌ای نیاز است. در این پژوهش برای برآورد دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با استفاده از آمار دبی‌های حداکثر روزانه ایستگاه هیدرومتری خنچه از دو روش تجربی فیل- استینر و سنگال به ترتیب رابطه ۱ و ٤ استفاده شد (فیل و استینر[1]، ۲۰۰۳؛ سنگال[2]، ۱۹۸۳).

$$Qmax=\left(0.8Q_2+0.25)Q_1+Q_3)\right)/k$$ (رابطه ۱)

---

1 Fill & Steiner
2 Sangal

K فاکتور تصحیح است که از رابطه ۲ و ۳ به دست می‌آید:

(رابطه ۲) $K=0.9123\ X+0.36$

(رابطه ۳) $X=(Q_1+Q_3)/2Q_2$

(رابطه ٤) $Qmax=(4Q_2-Q_1-Q_3)/2$

در روابط فوق Q_{max} دبی حداکثر لحظه‌ای برحسب مترمکعب بر ثانیه، Q_2 میانگین دبی روزانه (برحسب مترمکعب بر ثانیه) روزی که دبی حداکثر در آن رخ‌داده است و Q_1 و Q_3 به ترتیب میانگین دبی روزانه (برحسب مترمکعب بر ثانیه) روز قبل و بعد از روز دبی حداکثر است.

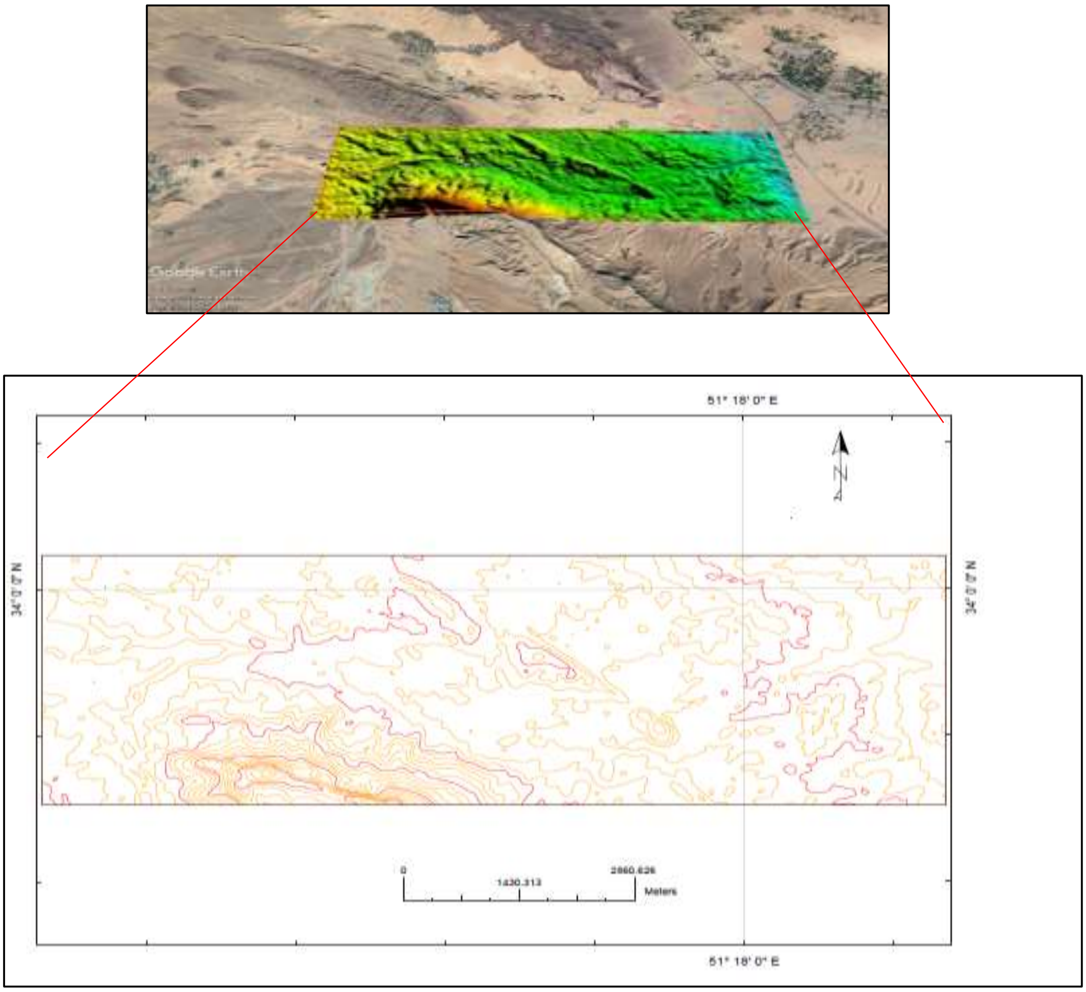
۲-۲-۲- تحلیل فراوانی سیلاب

آنالیز فراوانی سیلاب با توجه به مقادیر دبی‌های حداکثر لحظه‌ای برآورد شده از فرمول‌های تجربی فیل– استینر و سنگال با استفاده از ۵ توزیع آماری نرمال، لوگ نرمال، لوگ نرمال ۳ پارامتر، مقادیر حد و لوگ پیرسون تیپ ۳ در نرم‌افزار EasyFit برازش داده شد و با توجه به آزمون کلموگروف اسمیرنوف و مقادیر P-value (در سطح اعتماد ۵ درصد) بهترین توزیع و روش تجربی انتخاب شد. سپس دبی با دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ساله برحسب مترمکعب بر ثانیه با استفاده از بهترین توزیع آماری و داده دبی حداکثر لحظه‌ای حاصل روش تجربی برآورد شد.

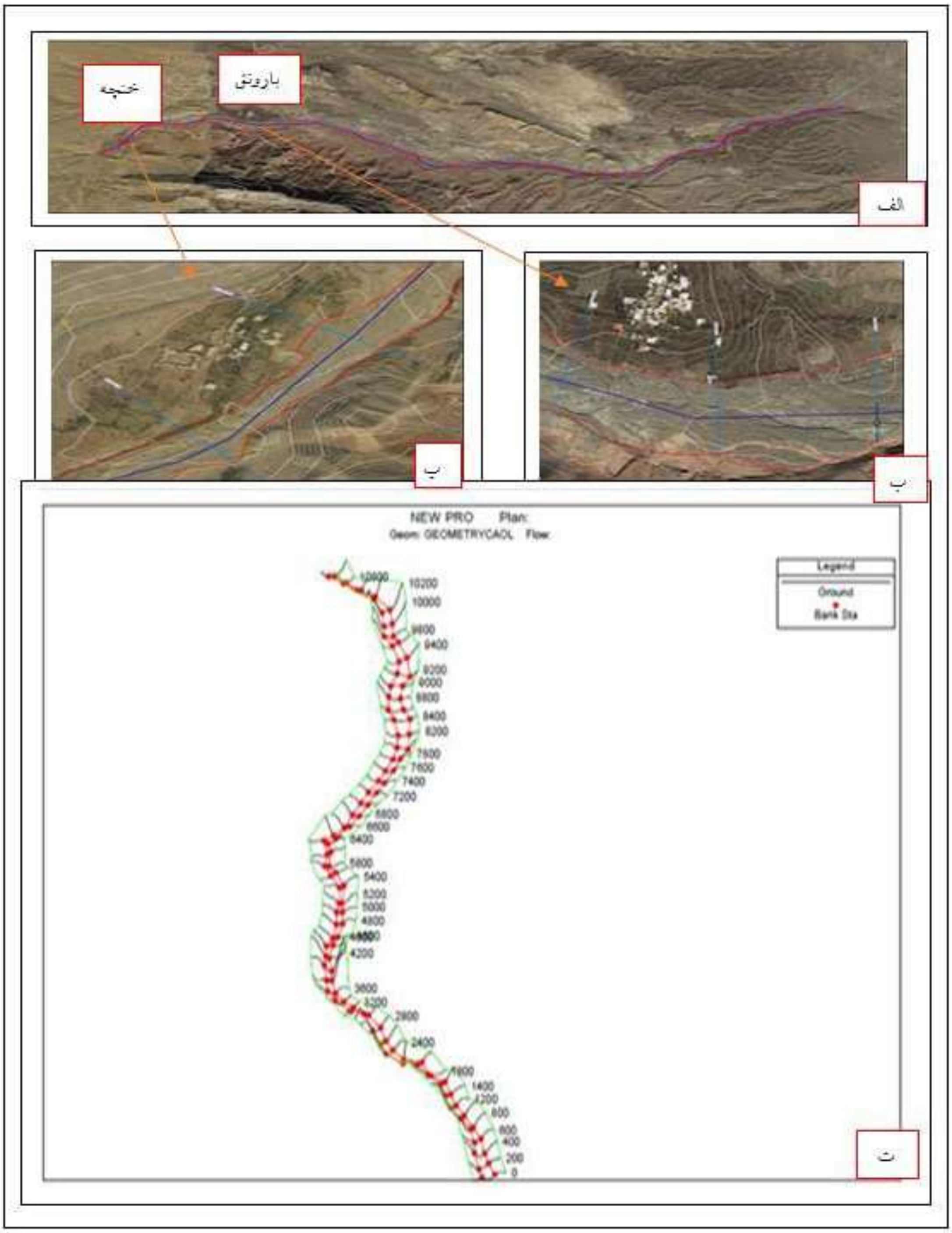
۲-۲-۳- ساخت داده‌های هندسی

ساخت داده‌های هندسی (ترسیم کانال رودخانه، پروفیل طولی رودخانه، سواحل دشت سیلابی چپ و راست و ترسیم مقطع عرضی و جهت جریان) اولین گام شبیه‌سازی سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از مدل HEC RAS است. در این پژوهش برای ساخت داده‌های هندسی از نرم‌افزارهای، Google Earth، Global Mapper، AUTO CAD civil 3D (نرم‌افزار مهندسی در ارتباط با طراحی مسیر) استفاده شد. در ابتدا با استفاده از نرم‌افزار google earth و global mapper نقشه توپوگرافی برای منطقه موردمطالعه ساخته شد. در شکل ۲ نقشه توپوگرافی و سطح ساخته شده در نرم‌افزارAUTO CAD civil 3D نشان داده شده است. سپس با انتقال نقشه توپوگرافی ساخته شده به نرم‌افزار AUTO CAD civil 3D سطحی از منطقه موردمطالعه ساخته شد و از روی سطح ساخته شده رودخانه و کانال آن و مشخصات هندسی رودخانه (مسیر رودخانه، جهت جریان، سواحل سیل گیر چپ و راست، مقاطع عرضی) ترسیم شد. سپس از داده‌های هندسی ترسیم شده در نرم‌افزارAUTO CAD civil 3D خروجی گرفته و به نرم‌افزار HEC RAS انتقال داده شد. در شکل ۳ داده‌های هندسی ترسیم شده (مسیر رودخانه، جهت جریان، سواحل سیل گیر چپ و راست، مقاطع عرضی) در نرم‌افزار AUTO CAD civil 3D نشان داده شده است.

مزیت این نوع ترسیم از داده‌های هندسی با استفاده از نرم‌افزار AUTO CAD civil 3D دقـت بالـای ایـن نرم‌افـزار در ترسیم داده‌های هندسی است.



شکل ۲ – ساخت نقشه توپوگرافی ساخته شده (سطح) با استفاده از Auto CAD Civil 3D



شکل ۳- الف) موقعیت دو روستا خنچه و بارونق ب و پ) داده‌های هندسی ایجاد شده در نرم‌افزار Auto CAD Civil 3D ت) ترسیم سه‌بعدی کانال و مقاطع عرضی در HEC RAS

۲-۲-٤- تعیین ضریب زبری مانینگ

برای تعیین ضریب زبری مانینگ روش‌های مختلفی ازجمله قضاوت کارشناسی، بازدیدهای میدانی، جداول پیشنهادی بر اساس پژوهش‌های سایر محققین وجود دارد. در این پژوهش ضریب زبری مانینگ بر اساس جدول پیشنهادی چو جدول ۱ و بازدید صحرایی به دست آمد (چو[1]، ۱۹۵۹).

جدول ۱- جدول چو برای ضریب زبری مانینگ

ردیف	گروه	ضریب زبری			توضیحات
		حداقل	متوسط	حداکثر	
۱	کانال اصلی	۰/۰۲۵	۰/۰۳	۰/۰۳۳	تمیز و مستقیم و فاقد مخزن ذخیره
۲		۰/۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰٤	همانند شماره ۱ با سنگ و علف هرز بیشتر
۳		۰/۰۳۳	۰/۰٤	۰/۰٤۵	تمیز و مارپیچ و بعضاً دارای مخزن ذخیره
٤		۰/۰۳۵	۰/۰٤۵	۰/۰۵	همانند شمار ۳ همراه با علف هرز و سنگ
۵	سیلاب دشت	۰/۰۲۵	۰/۰۳	۰/۰۳۵	مرتع با علف‌های کوتاه
٦		۰/۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۵	مرتع با علف‌های بلند

۲-۲-۵- اجرای مدل یک‌بعدی HEC RAS در شرایط ماندگار

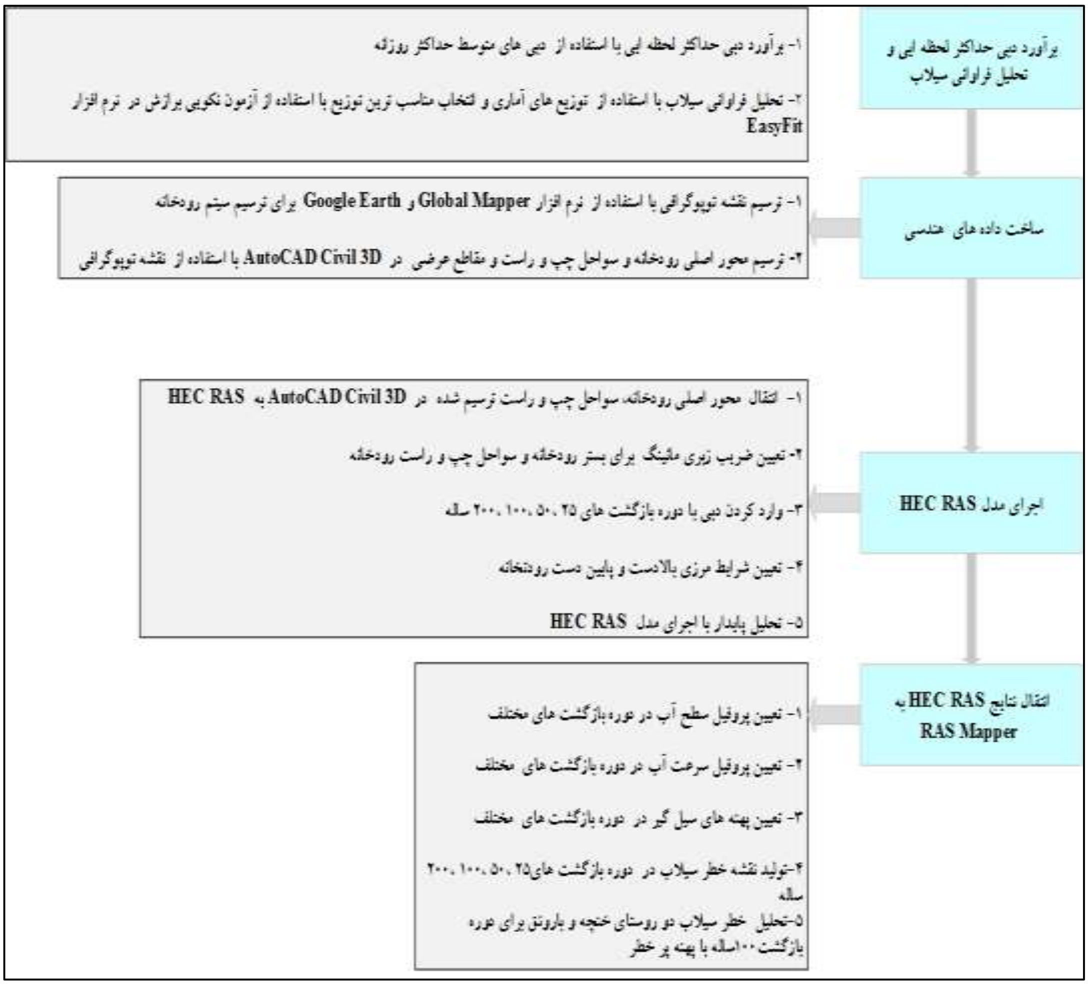
مدل HEC RAS یا تحلیل سیستم رودخانه در مرکز مهندسی هیدرولوژی ساخته شد. این مدل توانایی تحلیل‌های هیدرولیکی جریان ۱ بعدی و ۲ بعدی در حالت‌های ماندگار و غیر ماندگار را دارد (رنگری[2]، ۲۰۱۹). در این پژوهش برای محاسبه پروفیل‌های سطح آب، پروفیل سرعت آب، طغیان سیلاب و عمق آب و محدوده پهنه‌های سیل گیر در دوره بازگشت‌های مختلف از تحلیل هیدرولیکی ۱ بعدی در حالت ماندگار در نرم‌افزار HEC RAS نسخه ٦ استفاده شد. سپس با توجه به سیلاب‌های آنی در منطقه، شرایط مرزی برای سیستم رودخانه (بالادست و پایین‌دست) با توجه به عمق نرمال از نوع مختلط تعیین گردید. سپس مدل برای محاسبه پروفیل سطح آب در دوره بازگشت‌**های** ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال اجرا گردید.

۲-۲-٦- تحلیل نتایج مدل HEC RAS با ابزار RAS mapper

در نسخه‌های جدید مدل HEC RAS، ابزاری تحت عنوان RAS mapper به مدل اضافه شده است. این ابزار توانایی تحلیل نتایج حاصل از مدل‌سازی ۱ بعدی و ۲ بعدی HEC RAS برای هر دو حالت ماندگار و غیر ماندگار را دارد. ازاین‌رو در این پژوهش برای تحلیل نتایج (تعیین محدوده پهنه‌های سیل گیر و نقشه‌های خطر سیلاب در

1 Chow
2 Rangari

دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ ساله) از ابزار RAS mapper استفاده گردید. در شکل ٤ نمـودار مراحـل انجـام این پژوهش آمده است.



شکل ٤- روند نمای مراحل انجام این پژوهش

۳- نتایج

۳-۱- انتخاب بهترین توزیع و برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای

با توجه به نتایج حاصل جدول ۲ توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ (LP3) بـرای هـر دو روش تجربـی فیـل – اسـتینر و سنگال با توجه به آزمون کلموگروف اسمیرنوف برازش بهتری یافته است. در جدول ۲ نتایج حاصل از آزمـون نکـوئی برازش جهت انتخاب بهترین توزیع آماری برای برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای از دبـی روزانـه در نرم‌افـزار EasyFit5.6 نشان داده شده است. هر چه مقدار آماره آزمون کلموگروف اسـمیرنوف کمتـر باشـد، نشـان از بـرازش مناسـب تـابع

توزیع نسبت به داده‌ها است (تان[1] و همکاران،۲۰۲۱). نتایج حاصل از مقایسه مقدار p-value توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ برای هر دو روش تجربی فیل – استینر و سنگال نشان می‌دهد که روش تجربی روش فیل – استینر با بالاترین مقدار p-value (معادل ۰/۹) مناسب‌ترین روش برای تبدیل دبی‌های حداکثر روزانه به دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در ایستگاه هیدرومتری خنچه است. دلیران فیروز و همکاران (۱۳۹٤) نیز در مطالعه خود در حوضه آبخیز قمصر روش تجربی فیل - استینر را بهترین روش تجربی برای تبدیل دبی‌های حداکثر روزانه به دبی حداکثر لحظه‌ای بیان کردند؛ بنابراین در این مطالعه برای تبدیل دبی‌های حداکثر روزانه به حداکثر لحظه‌ای از روش تجربی فیل – استینر و توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ استفاده شد. در جدول ۳ مقادیر برآورد شده دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با روش تجربی فیل – استینر و توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ آمده است.

جدول ۲- نتایج حاصل برآورد دبی‌های حداکثر لحظه‌ای و تحلیل فراوانی سیلاب

ردیف	روش برآورد دبی لحظه‌ای	توزیع آماری	آماره آزمون کلمو گروف اسمیرنوف	رتبه	p- value
۱	روش فیل – استینر	لوگ پیرسون نوع ۳	۰/۱۳	۱	۰/۹
		پیرسون	۰/۱۹	۲	۰/٥٤
		گاما	۰/٤۳	۳	۰/۰۰۳
		نرمال	۰/٤٥	٤	۰/۰۰۲
		پیرسون نوع ۳	۰/٥٥	٥	۰/۰۰۰۰٦
۲	روش سنگال	لوگ پیرسون نوع ۳	۰/۱٥	۱	۰/۸
		گاما	۰/٤٤	۲	۰/۰۰۳
		پیرسون نوع ۳	۰/٤٥٥	۳	۰/۰۰۲۲
		نرمال	۰/٤٥۹	٤	۰/۰۰۲
		پیرسون	۰/٥۹	٥	۰/۰۰۰۰۱

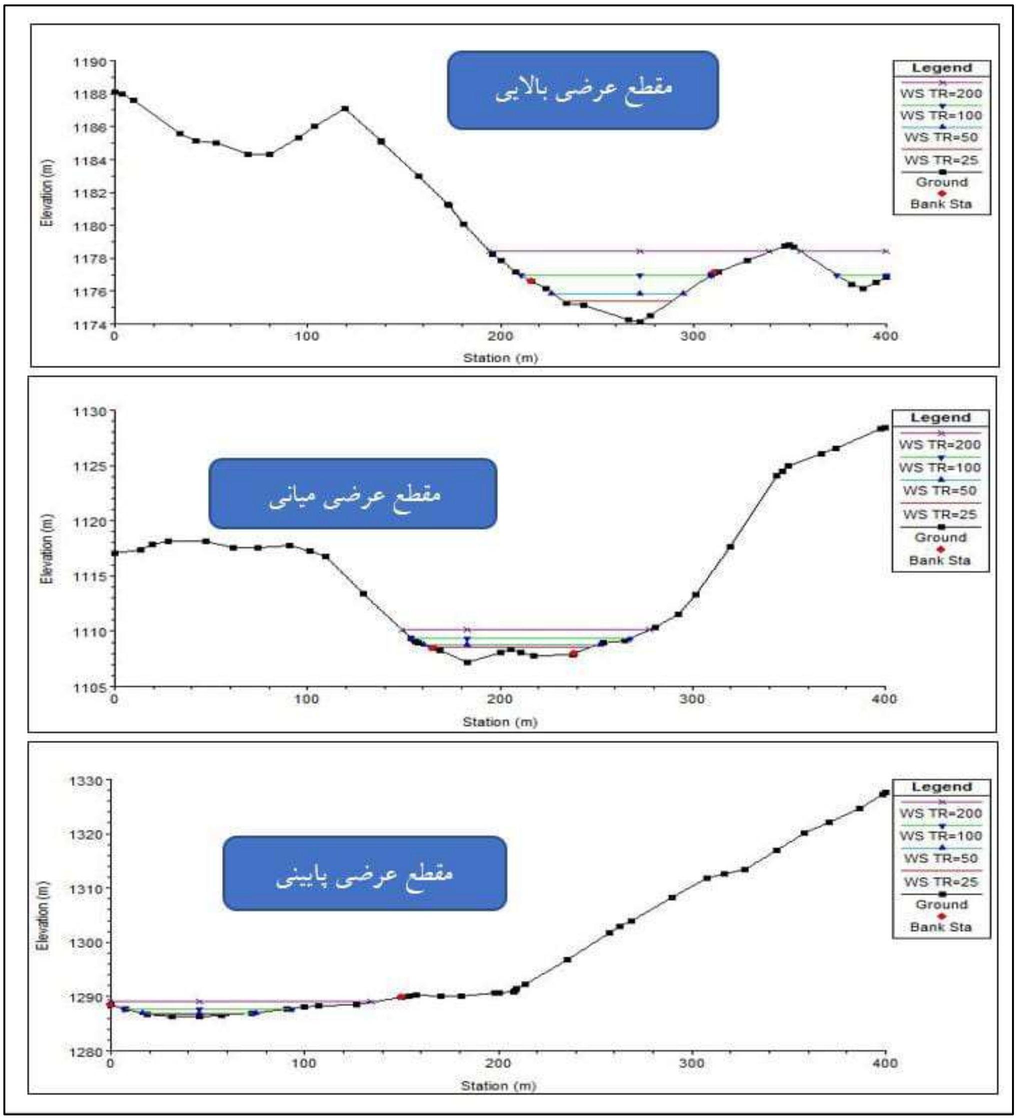
جدول ۳- نتایج برآورد دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با روش فیل – استینر و توزیع لوگ پیرسون نوع ۳

ردیف	روش برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای	توزیع	دوره بازگشت			
			۲٥	٥۰	۱۰۰	۲۰۰
۱	فیل – استینر	LP3	۲٤/۱	٤۳/۳	۱۰۹/٥	۲٦٦/۷

1 Tan

۲-۳- شبیه‌سازی سیلاب در HEC RAS

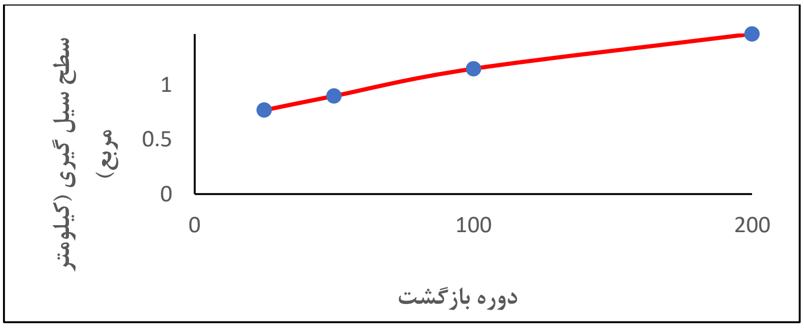
در شکل ۵ پروفایل سطح آب در دوره بازگشت ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ ساله برای سه مقطع بالـایی، میـانی و پـایینی رودخانه سوک چم به ترتیب در مقاطع عرضی شماره‌های ۱۰۸۰۰ و ۶۰۰۰ و ۲۰۰ نشان داده شـده اسـت. بـر اسـاس نتایج حاصل می‌توان نتیجه گرفت که از بالادست به سمت پایین‌دست شیب کم‌تر شده و بر سطح سیل گیـری افـزوده شده است، و پهنه‌های سیل گیر از دو طرف سواحل چپ و راست خارج می‌شود.



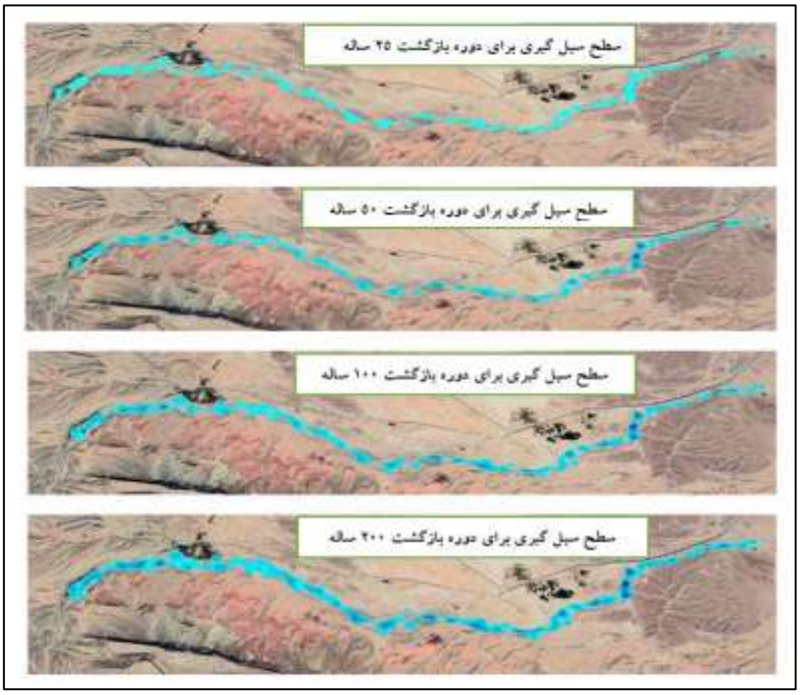
شکل ۵- پروفیل سطح آب برای سه مقطع (بالایی، میانی، پایینی) در دوره بازگشت (۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰) ساله

۳-۳- تعیین سطح سیل‌گیری در دوره بازگشت‌های مختلف

با توجه به شکل ٦ مساحت پهنه‌های سیل گیر در دوره بازگشت‌های مختلف ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال به ترتیب برابر است با ۰/۷۷، ۰/۹، ۱/۱۵ و ۱/٤٧ کیلومترمربع به دست آمد. در شکل ۷ نقشه‌های پهنه‌های سیل گیر در دوره بازگشت‌های مختلف (۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله) در نرم‌افزار RAS mapper آمده است. بر اساس نتایج حاصل، از سراب به سمت پایاب رودخانه، با کاهش شیب و عریض شدن بستر بر مساحت سطح سیل گیری افزوده شده است.



شکل ٦- مساحت عرصه‌های سیل گیر با دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله



شکل ۷- پهنه‌های سیل گیر در دوره بازگشت‌های (۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله) در محیط RAS mapper

۳-٤- تولید نقشه خطر سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف

نقشه خطر سیل برای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ ساله در محیط RAS mapper برای بازه‌ای به طول ۱۱ کیلومتر ترسیم شد؛ که نتایج آن در شکل‌های ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است. مناطق در معرض خطر سیل در ٦ کلاس (H_1، H_2،H_3،H_4، H_5،H_6) که به ترتیب نشان‌دهنده وضعیت امن، امنیت بسیار کم، کم، متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد است تقسیم‌بندی شد (مک لاکی[1]، ۲۰۱٤). در جدول ٤ طبقه‌بندی کلاس و میزان خطر سیلاب آمده است. همچنین در نشریه شماره ۳۰۷ راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به‌عنوان پهنه سیل پرخطر معرفی گردید.

نتایج حاصل از تهیه نقشه‌های خطر به دست آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که در تمام دوره بازگشت‌ها سیل، دو روستای خنچه و بارونق در معرض سیل قرارگرفته و در کلاس‌بندی متوسط تا خیلی زیاد (H6-H4) (ناامن برای وسیله نقلیه و مردم و ساختمان‌ها و زمین‌های در معرض خطر سیلاب) قرار دارند. لذا اقدامات آبخیزداری و کنترل سیل در این دو روستا ضروری است. همچنین بین سال‌های ۱۳۳۰–۱۳۸۰ در شهرستان کاشان تعداد ۱۹ سیلاب رخ داده است که خسارت‌های زیادی به همراه داشته است (معیری و انتظاری، ۱۳۸۷). ازآنجایی‌که هیچ‌گونه عملیات کنترل سیلاب و آبخیزداری در جهت مهار سیل برای این دو روستا صورت نگرفته، لذا از کل مساحت دو روستای خنچه و بارونق به ترتیب ۹/۸۸ و ۱٤/٦۳ هکتار حدود ٤/۱ و ۰/٦٦ هکتار به ترتیب ٤۱/۵ و ٤/۵ درصد از اراضی این دو روستا در معرض خطر سیلاب با دوره بازگشت‌های ۱۰۰ ساله (پرخطر) قرار دارند.

جدول ٤- طبقه‌بندی کلاس و میزان خطر سیلاب (مک لاکی[2]، ۲۰۱٤)

ردیف	کلاس خطر	میزان خطر	توصیف
۱	H_1	امن	به‌طور کل ایمن برای مردم و وسیله نقلیه و ساختمان‌ها
۲	H_2	بسیار کم	ناامن برای وسیله نقلیه کوچک
۳	H_3	کم	ناامن برای وسیله نقلیه و بچه‌ها و افراد سالخورده
٤	H_4	متوسط	ناامن برای وسیله نقلیه و مردم
۵	H_5	زیاد	ناامن برای وسیله نقلیه و مردم و بعضی از ساختمان‌های در معرض خطر
٦	H_6	خیلی زیاد	ناامن برای وسیله نقلیه و مردم و همه ساختمان‌های در معرض خطر

1 McLuckie
2 McLuckie



شکل ۸ – نقشه خطر سیل برای دوره بازگشت ۲۵ ساله در محیط **RAS mapper**



شکل ۹– نقشه خطر سیل برای دوره بازگشت ۵۰ ساله در محیط **RAS mapper**



شکل ۱۰- نقشه خطر سیل برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در محیط RAS mapper



شکل ۱۱- نقشه خطر سیل برای دوره بازگشت ۲۰۰ ساله در محیط RAS mapper

٤- جمع‌بندی

در این پژوهش برای تولید نقشه‌های خطر سیل در دوره بازگشت‌های مختلف، ابتدا نقشه توپوگرافی منطقه با استفاده از نرم‌افزار google earth و Global mapper تهیه گردید. سپس برای ترسیم مقاطع عرضی، پروفیل طولی رودخانه و ایجاد سطح از منطقه نقشه توپوگرافی تهیه شده، به نرم‌افزار AutoCAD Civil 3D انتقال داده شد. سپس مقاطع عرضی ساخته شده به نرم‌افزار HEC RAS انتقال داده شد. همچنین ازآنجایی‌که منطقه موردمطالعه در منطقه خشک واقع شده است و فاقد آمار دبی‌های حداکثر لحظه‌ای است و تنها دارای آمار دبی‌های حداکثر روزانه است برای تبدیل دبی‌های حداکثر روزانه به حداکثر لحظه‌ای با توجه به مقدار آماره آزمون کلموگروف اسمیرونوف (۰/۱۳) و مقدار p–value (۰/۹) می‌توان نتیجه گرفت روش فیل – استینر روشن مناسبی است. سپس آنالیز فراوانی سیلاب با استفاده از ۵ توزیع (لوگ پیرسون نوع ۳، پیرسون، گاما (حداکثر)، نرمال، پیرسون نوع ۳) در نرم‌افزار EasyFit مورد تحلیل قرار گرفت.

با توجه به نتایج آنالیز فراوانی سیلاب از توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ برای ایجاد دبی در دوره بازگشت‌های (۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰) ساله استفاده گردید. سپس با استفاده از نتایج شبیه‌سازی سیلاب در دوره بازگشت‌های فوق در RAS mapper نقشه‌های خطر سیل در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ ساله برای بازه مطالعاتی به طول ۱۱ کیلومتر رودخانه سوک چم تهیه گردید. از آنجایی در نشریه شماره ۳۰۷ برای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر رودخانه، دوره بازگشت ۱۰۰ ساله را به‌عنوان پهنه‌های سیل پرخطر معرفی شده است لذا در این پژوهش برای تحلیل عناصر در معرض خطر سیلاب دو روستای (خنچه و بارونق) برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله محاسبه گردید و برای سایر دوره بازگشت‌ها (۲۵، ۵۰، ۲۰۰) ساله تنها نقشه‌های خطر تولید گردید. ازآنجایی‌که دو روستای خنچه و بارونق در امتداد بازه مطالعاتی قرار دارند و هیچ‌گونه عملیات کنترل سیلاب و آبخیزداری برای این دو روستا صورت نگرفته و همراه در تمامی دوره بازگشت‌ها در معرض خطر سیل قرار دارند بااین‌وجود از نتایج تحلیل خطر سیلاب برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله (پرخطر) برای این دو روستا نشان از این دارد که از کل مساحت دو روستای خنچه و بارونق به ترتیب با ۹/۸۸ و ١٤/٦٣ هکتار حدود ٤/١ و ٠/٦٦ هکتار در معرض سیلاب قرار می‌گیرند و در کلاس خطر سیلاب متوسط تا خیلی زیاد (ناامن برای وسیله نقلیه و مردم و ساختمان‌های در معرض خطر) قرار دارند. همچنین مساحت سیل گیری برای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ ساله به ترتیب ۰/۷۷، ۰/۹، ۱/۱۵، ١/٤٧ کیلومترمربع به دست آمده است. لذا ایجاد دیواره‌های ساحلی و ساماندهی رودخانه در طول مسیر عبور رودخانه از این دو روستا امری ضروری است که می‌تواند خطرات ناشی از سیل را تعدیل نماید. استفاده از نقشه‌های تهیه شده برای انجام اقدامات کنترل سیل، سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیل، بیمه سیل و به‌طورکلی جهت اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای مهار سیل در منطقه پیشنهاد می‌شود.

کتابنامه

حجازی، اسد اله؛ خدائی قشلاق، فاطمه؛ خدائی قشلاق، لیلا؛ ۱۳۹۸. پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه‌ی آبریز ورکش چای با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و الحاقیه HEC-GEO-RAS. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، شماره ۵۳. صص ٥٦–۱۳۷.

دلیران فیروز، هدی؛ مختار خوزانی، فهیمه؛ سلطانی، سعید؛ موسوی، سید علیرضا؛ ۱۳۹٤. ارزیابی خسارات ناشی از سیل در حوزه‌های آبخیز قمصر و قهرود با استفاده از نرم‌افزار HEC-FIA. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. *علوم آب‌وخاک*، شماره ۷٤. صص ٦۳–۷٦.

زراعتکار، زهرا؛ حسن‌پور، فرزاد؛ ۱۳۹۵. شبیه‌سازی سیلاب شهری بیرجند با استفاده از مدل HEC-RAS و ARC-GIS. *پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)*، شماره ۱۱۲. صص ٤۱–٥٦.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، وزارت نیرو؛ ۱۳۸٤. راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه. نشریه شماره ۳۰۷.

شعبانلو، سعید؛ رجبی، احمد؛ اسلامیان، سید سعید؛ موسوی، سید فرهاد؛ ۱۳۹۱. ارزیابی روابط تجربی برآورد دبی اوج لحظه‌ای سیلاب در حوضه‌های آبریز غرب ایران. *پژوهش آب ایران*، شماره ۱۰. صص ۲۱۵–۲۱۹.

قنواتی، عزت اله؛ احمد آبادی، علی؛ غلامی، معصومه؛ ۱۳۹۸. شبیه‌سازی پهنه‌های سیل گیر در حوضه‌های آبریز کلان شهر تهران (حوضه کن). *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، شماره ٤. صص ۹۵–۱۰۸.

معیری، مسعود؛ انتظاری، مژگان؛ ۱۳۸۷). سیلاب و مروری بر سیلاب‌های استان اصفهان. *فصلنامه چشم‌انداز جغرافیایی*، شماره ٦. صص ۱۱۱–۱۲٤.

مهرورز، ارسلان؛ مددی، عقیل؛ اسفندیاری در آباد، فریبا؛ رحیمی، مسعود؛ ۱۳۹۹. شبیه‌سازی سیلاب‌های رودخانه دره ائورت با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS (محدوده موردمطالعه: از روستای شورستان تا تلاقی رودخانه ارس). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، شماره ٤. صص ۱۳۱–۱٤٦.

Aynalem SB., 2020. Flood Plain Mapping and Hazard Assessment of Muga River by Using ArcGIS and HEC-RAS Model Upper Blue Nile Ethiopia. Landscape Architecture and Regional Planning 5: 74-85.

Azouagh AEl, Bardai R, Hilal I, El Messari JS., 2018. Integration of GIS and HEC-RAS in Floods Modeling of Martil River (Northern Morocco). Eur. Sci. J 14: 130-142.

Chow VT. 1959. Open-channel hydraulics. McGraw-Hill civil engineering series.

Dorji K, Dorji K, Choosumrong S., 2019. River Flood modeling of Amochu River using GIS and HEC-RAS: A case study in Phuntsholing city, Chukha, Bhutan. Naresuan University.

Fill HD, Steiner, AA., 2003. Estimating instantaneous peak flow from mean daily flow data. Journal of Hydrologic Engineering 8: 365-369.

Ibrahim NF, Zardari NH, Shirazi SM, Mohd Haniffah M, Mat Talib S, Yusop Z, Mohd Yusoff S., 2017. Identification of vulnerable areas to floods in Kelantan River sub-basins by using flood vulnerability index. International Journal of GEOMATE 12: 107-114.

Khattak MS, Anwar F, Saeed TU, Sharif M, Sheraz K, Ahmed A., 2016. Floodplain mapping

using HEC-RAS and ArcGIS: A case study of Kabul River. Arabian Journal for Science and Engineering 41: 1375- 1390.

Kim V, Tantanee S, Suparta W., 2020. GIS-BASED Flood Hazard Mapping Using HEC-RAS Model: A Case Study of Lower Mekong River, Camboda. Geographia Technica 15: 16-26.

Mcluckie D, Babister M, Smith G, Thomson R., 2014. Updating national guidance on best practice flood risk management. Paper presented at the Proc. Floodplain Management Association Annual Conference. Deniliquin, Australia.

Ongdas N, Akiyanova F, Karakulov Y, Muratbayeva A, Zinabdin N., 2020. Application of HEC-RAS (2D) for flood hazard maps generation for Yesil (Ishim) river in Kazakhstan. Water 12 : 1-20.

Rangari VA, Sridhar V, Umamahesh N, Patel AK., 2019. Floodplain mapping and management of urban catchment using HEC-RAS: a case study of Hyderabad City. Journal of The Institution of Engineers (India): Series A 100: 49-63.

Sangal BP. 1983. Practical method of estimating peak flow. Journal of Hydraulic Engineering, 109: 549-563.

Tan WL, Liew WS, Ling L., 2021. Statistical modelling of extreme rainfall in Peninsular Malaysia. Paper presented at the ITM Web of Conferences 36: 1-12.

Vojtek M, Petroselli A, Vojteková J, Asgharinia S., 2019. Flood inundation mapping in small and ungauged basins: sensitivity analysis using the EBA4SUB and HEC-RAS modeling approach. Hydrology Research, 50: 1002-1019.